

Aplicativo Móvil para Auditoría Energética Residencial.

Carlos Cardozo¹, Clara Arévalos¹, Marcos Jara¹, Gabriel López¹, Natalia González¹

¹Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este - Paraguay
{florentincm, arevalosclara, adrianjara,
gabrielavalos1992, nathylujan}@gmail.com

Resumen. El aumento del consumo de energía, derivado del crecimiento económico y de la tendencia a satisfacer el mayor número de necesidades, hace cada vez más urgente la necesidad de dedicar atención a la eficiencia energética; y la auditoría energética es una herramienta para llegar a optimizarla. El trabajo consiste en el desarrollo de un aplicativo móvil multiplataforma para realizar auditoría energética en residencias y estudiar el comportamiento del consumo. La metodología utilizada para el desarrollo del aplicativo es el método ágil utilizando una herramienta de prototipado combinando ésta con el método incremental, que posibilita desarrollar una versión inicial, poner a consideración de los investigadores e ir refinándola consecuentemente, hasta lograr el sistema adecuado. Como principal resultado se obtuvo un producto amigable, funcional y fácil de usar; que ofrece balances energéticos en tiempo real, lo cual posibilita: a) diagnosticar en línea el consumo de energía de una residencia, y b) plantear propuestas de mejoras para el sistema de iluminación.

1 Introducción

En materia de suministro eléctrico, Paraguay es un país dependiente de sus centrales hidroeléctricas. En un elevado porcentaje, esta energía constituye la materia prima para su crecimiento económico, razón por la cual lograr el consumo óptimo, constituye una impostergable tarea de todas las áreas involucradas, principalmente los consumidores residenciales. Posponer esta acción permitirá, en pocos años, arrastrar al país a una crisis energética de consecuencias no deseables. "La demanda energética en el país crece paulatinamente entre 9 y 10 por ciento en forma anual", indicó el titular de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Víctor Romero; y afirmó: "con este ritmo de crecimiento de la demanda el Paraguay consumirá la totalidad de sus recursos energéticos provenientes de las centrales hidroeléctricas de Itaipú, Yacyretá y Acaray, en 15 años máximo", agregó además, que "se puede reducir ese tiempo si se realiza un proceso de industrialización" [1]. Un país tiene una crisis energética cuando no puede satisfacer las demandas energéticas de su población. Un enfoque para minimizar la probabilidad de una futura crisis es aumentando la capacidad existente con la construcción de nuevas fuentes generadoras hidroeléctricas, que demanda un plazo

de alrededor de 11 años. Una segunda alternativa con resultados de forma casi inmediata, es la promoción del conocimiento y aplicación del uso racional de la energía, para esto se puede emplear una herramienta muy útil que es el Auditoría Energética (AE).

Una auditoría energética comprende un análisis que refleja cómo y dónde se emplea la energía de una instalación, con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente [2]. Ayuda a controlar el consumo, identificando las áreas en las que se presentan posibles despilfarros y en dónde es probable hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el consumo de la energía sin afectar el confort de los usuarios. Esta herramienta abarca todos los sistemas energéticos de la instalación como ser: sistema eléctrico, luz, sistema de gas, etc.

1.1 Auditoría energética

Una AE puede clasificarse según su profundidad de la siguiente manera: a) diagnóstico energético: estudio sobre el estado actual de las instalaciones; b) auditoría energética: estudio sobre el estado de las instalaciones, con las correspondientes propuestas de mejoras orientada al ahorro de energía, incluyendo un estudio económico de las mismas; c) auditoría energética especial o en profundidad: contempla los aspectos anteriores incluyendo un estudio sobre el proceso productivo, y llegando incluso a proponer importantes modificaciones en dicho proceso (cambio en las tecnologías del proceso); d) auditoría energética dinámica y continua: es la que se realiza de modo continuo, estando este concepto identificado con el de gestión energética en edificios [3].

Existe amplia documentación técnica que explica según diversas metodologías cómo llevar un plan de auto-evaluación para el análisis energético; en [4], [5], [6] exponen una extensa teoría referente a la certificación y auditoría energética en edificios, así mismo [6] tiene por objeto poner en conocimiento del lector los principales conceptos que se utilizan en la actualidad en la aplicación e implantación de sistemas de gestión de la energía y en la realización de auditorías energéticas. En el ámbito de la Facultad Politécnica fueron realizados varios trabajos de Auditorías en residencias, edificios públicos, edificios comerciales, servicios auxiliares de una Central Hidroeléctrica, entre otros, y con el objetivo de beneficiar a toda la población del país con los resultados de una auditoría energética residencial nació el este proyecto, que consiste en realizar un aplicativo móvil para AE residencial.

En la actualidad no fue encontrada ninguna herramienta práctica que satisfaga las necesidades de una auditoría energética en la región, y que cuente con la promoción y socialización necesaria para su uso masivo por parte de los habitantes del País, promocionando de esa manera mayor conocimiento y educación. sin la aplicación de ninguna herramienta. Instrumentos específicos para optimizar la energía solo fueron encontradas para Países de Europa, que se adapta a sus propias normas y legislaciones.

A continuación algunas aplicaciones móviles dirigidas exclusivamente a la eficiencia energética en hogares [7]:

- Virtual Energy Advisor: esta app, ganadora del concurso Barcelona Smart City App Hack y nominada a los Mobile Premier Awards 2016, apuesta por la mejora de la eficiencia energética. Ofrece a sus usuarios los datos de consumo energético de su hogar y soluciones para lograr un ahorro en las facturas. Ofrece información muy útil, como por ejemplo; las horas del día más recomendables para usar una lavadora de manera que consuma menos energía, o qué tipo de contrato es más eficiente en el hogar a la hora de pactar con el proveedor una potencia determinada.
- myUse: esta app de ahorro energético elabora un seguimiento de todos los gastos energéticos del hogar (gas, electricidad y suministro y tratamiento de agua). Estudia el consumo realizado y los hábitos, para aportar propuestas que posibiliten mayor eficiencia, protegiendo de un derroche de consumo.
- Ahorro en casa: se trata de una aplicación de eficiencia energética que divide el consumo del hogar, por zonas (cocina, baño, dormitorios, jardín, salón, etc.). Ofrece prácticos consejos que pueden ponerse en práctica dentro de la casa y que además se pueden compartir con otros usuarios.

Como se puede ver hay varias aplicaciones que buscan optimizar la eficiencia energética en residencias, pero aún se carece de un aplicativo que posibilite realizar AE.

Este trabajo se limita al tratamiento de la AE eléctrica residencial, mediante un aplicativo móvil multiplataforma que puede ser utilizado por el propietario en su(s) residencia(s) con el objetivo de conocer, controlar y optimizar su consumo, para racionalizar de esa manera su energía obteniendo el beneficio económico derivado del ahorro consecuente a su aplicación.

Al ser multiplataforma, el aplicativo propuesto tiene una gran ventaja añadida: se lo puede utilizar en cualquier teléfono inteligente o tableta, independientemente de cuál sea su sistema operativo. Para facilitar el desarrollo de este tipo de software, existen disponibles frameworks que posibilitan desarrollar aplicaciones con la misma implementación de código para diferentes plataformas como aquellas que están entre las más populares que son el Ionic y el React Native. Con estos entornos de trabajo el desarrollador se centra exclusivamente en proporcionar las funcionalidades deseadas, para posteriormente exportar su aplicación a las diferentes plataformas de forma simple.

Para el desarrollo de la herramienta de AE fue utilizado Ionic3 debido a ser el framework más popular para la construcción de Apps con interfaces modernas, bellas y elegantes. La razón primordial para su selección fue la facilidad de poder realizar los casos de prueba utilizando cualquier navegador, que a diferencia de React Native solo puede ser realizado utilizando un dispositivo móvil o emulador. Además de Ionic3, para complementar el desarrollo del aplicativo, se optó por utilizar la tecnología Node.js y la estructura de datos MongoDB. Todos estos componentes se han servido de utilidades gratuitas para el desarrollo en red.

Al ser un aplicativo residente en el dispositivo móvil, está escrito en lenguaje de programación compilado, y su funcionamiento y sus recursos aportan una serie de ventajas tales como [8]:

- Acceso más rápido y sencillo a la información necesaria sin necesidad de datos de autenticación en cada acceso.
- Almacenamiento de datos personales de manera segura.
- Gran versatilidad en cuanto a su utilización.
- Atribución de funcionalidades específicas.
- Mejora de la capacidad de conectividad y de disponibilidad de servicios y productos (usuario-usuario, usuario-proveedor de servicios, etc.).

1.2 Objetivos

Objetivo general. Desarrollar una aplicación móvil multiplataforma para la realización de auditoria energética residencial en línea.

Objetivos específicos

- 1 Realizar una investigación bibliográfica acerca de conceptos de electricidad, eficiencia energética y auditoría energética.
- 2 Elaborar especificación de requisitos de software.
- 3 Elaborar la lógica funcional del aplicativo.
- 4 Aplicar tecnologías componentes para el desarrollo de las partes del aplicativo.
- 5 Integrar el aplicativo.
- 6 Realizar pruebas internas del aplicativo con usuarios locales.
- 7 Disponibilizar el aplicativo en las tiendas Google Play y App Store.
- 8 Realizar la promoción del aplicativo para alcanzar la cantidad de usuarios requerida.

2 Método

2.1 Tecnologías de desarrollo

Ionic 3: es una herramienta de acceso libre, desarrollada bajo licencia open source y optimizada con AngularJS que posibilita el desarrollo de aplicaciones híbridas (multiplataforma) basadas en HTML5, CSS y JS. Al utilizar AngularJS para gestionar las aplicaciones creadas con este framework, éste ofrece la oportunidad de crear código eficiente, rápido y con una alta escalabilidad. El uso de AngularJS proporciona a su arquitectura central una gran robustez para el desarrollo de aplicaciones.

Ionic 3 está construido para ofrecer rendimiento y rapidez en las aplicaciones híbridas. Esto es posible gracias a la mínima manipulación del modelo de objeto de

documento (DOM), ausencia absoluta de jQuery y a la utilización del hardware del dispositivo para acelerar las transiciones. Este framework resulta sencillo de entender para cualquier desarrollador que ha construido una aplicación nativa para cualquier dispositivo móvil ya que está inspirado en los SDK nativos de las diferentes plataformas móviles. Además implementa un estilo limpio, sencillo y funcional que ha sido diseñado para poder trabajar con todos los dispositivos móviles actuales (tipografías, elementos interactivos, navegación, etc.) [9].

Otra característica de Ionic 3 es que proporciona un potente Command-line interface (CLI) lo que, con la ejecución de un único comando, es capaz de crear, construir, probar y compilar las aplicaciones para cualquier plataforma. Para que Ionic 3 pueda funcionar se requiere del Angular JS y el Apache Cordova quien es el encargado de compilar la aplicación desarrollada con Ionic 3 en un paquete entendible por la plataforma seleccionada.

La parte de la vista compuesta por HTML, CSS, JS y los recursos es la capa que Ionic 3 proporciona a través de sus elementos y componentes diseñados para adaptarse en los dispositivos móviles. El puente JavaScript, es proporcionado con AngularJS aunque Ionic 3 también ofrece componentes de JavaScript con una mejor optimización a la hora de visualizarlo en los dispositivos móviles. Una vez desarrollado el software entra en juego Apache Cordova que es el encargado de exportar el código generado por el programador a una aplicación legible por las diferentes plataformas.

AngularJS: es un framework para el desarrollo de aplicaciones web del lado del cliente, que empleando JavaScript. Utiliza el patrón Model-View-Controller (MVC) aunque Google lo define como Model-View-Whatever (MVW, whatever works for you). Mediante la utilización de este framework, se pretende generar código HTML para aplicaciones fáciles de entender y creadas de manera declarativa [10].

Normalmente el servidor es el encargado de mezclar los datos junto con la plantilla para devolver el resultado al lado del cliente (navegador) y dibujar la pantalla. En AngularJS, el servidor proporciona los contenidos estáticos (plantillas) y los datos que se van a representar (modelo), y la parte del cliente es la encargada de mezclar la información para generar la vista.

Además, con este framework es posible sincronizar el modelo y la vista de manera automática utilizando ciertas directivas proporcionadas por AngularJS. La sincronización se realiza de forma bidireccional lo que significa que la información se sincroniza tanto si el valor de la vista es modificado o si cambia el valor en el modelo.

Node.JS: es una tecnología que ofrece a los programadores la posibilidad de ejecutar código JavaScript del lado del servidor. Para que esto sea posible Node.js está basado en el motor V8 de la máquina virtual de Google, es decir, el mismo entorno de ejecución de código JavaScript que Google Chrome emplea.

Uno de las principales características de esta herramienta es que posee la capacidad para mantener un gran número de conexiones concurrentes abiertas. A pesar de esto, la programación sobre Node.js se realiza sobre un único hilo. Si el servidor recibe la petición de realizar una operación bloqueante, éste automáticamente se encarga de crear otro hilo en segundo plano para evitar afectar al resto de peticiones.

Uno de los inconvenientes de Node.js reside en que, dada su arquitectura de desarrollo bajo un único hilo, solamente es posible extraer rendimiento de una sola CPU. Para paliar este problema es posible iniciar varias instancias en el servidor y posteriormente balancear la carga entre ellas [11].

Express JS: es uno de los framework más conocidos y utilizados para Node.js. Su extendida utilización radica en que su utilización se realiza de una manera muy sencilla además de ser muy robusto, rápido y flexible. Entre sus características, Express ofrece un módulo de Router URL (Get, Post, Put, etc.), utilidades para motores de plantillas y la posibilidad de hacer test de una forma simple.

MongoDB: es un sistema de base de datos multiplataforma orientado a documentos, es decir, de esquema libre. Esto quiere decir que cada registro o entrada puede tener un esquema de datos diferente, con atributos sin repetirse entre los diferentes registros. Está licenciado como GNU AGPL 3.0 de modo que se trata de un software de licencia libre y puede funcionar bajo sistemas operativos Windows, Linux, OS X y Solaris. Se encuentra escrito en lenguaje C++ lo que le proporciona cercanía a los recursos de hardware de la máquina en la que se ejecute. Esto proporciona gran rapidez a la hora de ejecutar tareas [12].

La principal característica de esta herramienta es su velocidad. Dispone de un sencillo pero rico sistema de consultas de los contenidos de la base de datos. El equilibrio entre rendimiento y funcionalidad es casi perfecto, incorporando múltiples tipos de consulta que se utilizarían en una base de datos relacional, pero sin afectar al rendimiento.

En MongoDB, cada registro o conjunto de datos se denomina documento. Estos documentos pueden ser agrupados en colecciones, las cuales tendrían su equivalencia con las conocidas tablas en un sistema relacional. Como se ha mencionado antes, cada una de estas colecciones puede almacenar datos en diferentes formatos sin que todos sigan un esquema predefinido. Además, MongoDB posibilita crear índices para atributos de los documentos lo cual posibilita mantener una estructura interna eficiente para un buen acceso a la información.

Apache Cordova: es un framework desarrollado bajo licencia libre. Éste cuenta con numerosas APIS que posibilitan a los programadores desarrollar aplicaciones para las diferentes plataformas móviles utilizando herramientas web como JavaScript, HTML5 o CSS3. De esta manera, el desarrollador puede crear aplicaciones para iOS, Android, Ubuntu Phone, etc.; sin necesidad de conocer los lenguajes nativos de cada uno de ellos.

El listado de plataformas para las que se pueden generar aplicaciones utilizando Apache Cordova es el siguiente: Amazon Fire OS, BlackBerry 10, Firefox OS, Android, iOS, Ubuntu, Tizen, Windows Phone, Windows 8. Para que este framework pueda realizar la transformación del software desarrollado a la plataforma deseada, es preciso contar con el SDK propio de ésta [13].

2.2 Proceso de Implementación del Aplicativo

El trabajo consiste en el desarrollo de un aplicativo móvil multiplataforma para realizar AE residencial. Se ha empleado el denominado método ágil utilizando una herramienta de prototipado combinándola una vez iniciado el desarrollo, con el método incremental, el cual posibilita desarrollar una versión inicial, someter al parecer de profesionales electricistas e ir refinándola hasta lograr un sistema adecuado. Las actividades de especificación, desarrollo y validación se entrelazan en vez de separarse, con una rápida retroalimentación entre las mismas. El flujo de trabajo consta de las siguientes etapas:

- Análisis

Reuniones del equipo de investigadores conformado por profesionales de las áreas eléctrica e informática, estudio de las etapas de la AE, estudio de aplicaciones de eficiencia energética disponibles y definición de las principales funcionalidades de la aplicación móvil propuesta, que son detalladas en la Figura 1.

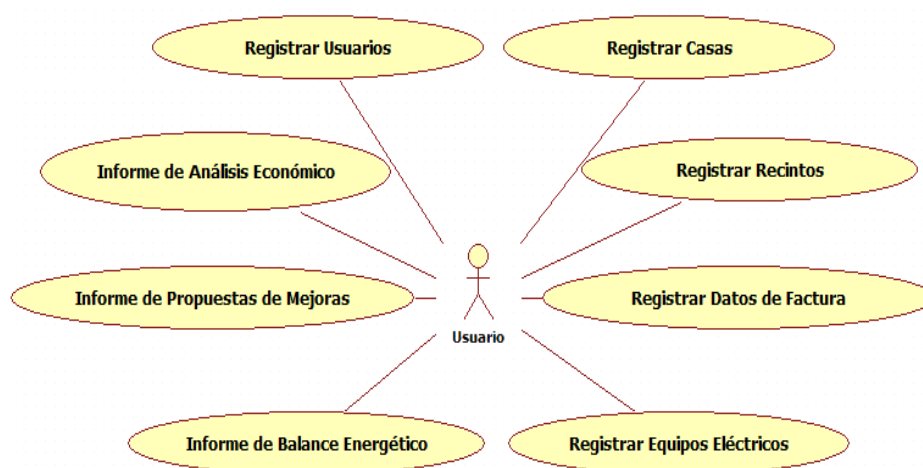


Figura 1. Caso de uso de las funcionalidades de la aplicación

Cálculo del Consumo: Primeramente, el usuario debe registrar en el aplicativo todos los dispositivos que consumen energía actualmente en su residencia, el cual puede organizarlos por habitaciones y pudiendo realizar la carga de las luminarias y los electrodomésticos como heladeras, televisores, acondicionadores de aire, informando la cantidad aproximada de consumo diario para cada aparato.

Las informaciones a completar son: costo de la energía, cantidad de hora en uso del artefacto, potencia y la cantidad de equipos. Para facilitar la carga el aplicativo despliega una información en formato de imagen que ayuda al usuario en ese proceso.

El cálculo de consumo es realizado de la siguiente manera

$$\text{Consumo} = \text{Potencia} \times \text{tiempo} [\text{Wh}] . \quad (1)$$

$$\text{Consumo total} = \text{cantidad} \times \frac{\text{Potencia} \times \text{tiempo}}{1000} [\text{kWh}] \quad (2)$$

$$\text{Costo de la energía consumida} = \text{Consumo} \times \text{Precio} [\text{Gs}] \quad (3)$$

Análisis Económico: El cálculo del ahorro energético es realizado comparando el consumo actual por sectores y el consumo futuro si es aplicada la propuesta de mejora. Se mide en kWh.

$$\text{Ahorro energético} = \text{consumo energía inicial} - \text{consumo de energía con la mejora propuesta} [\text{kWh}] \quad (4)$$

Ahorro económico: es el ahorro en guaraníes que corresponde al ahorro de energía conseguido con dicha medida de ahorro.

$$\text{Ahorro económico} = \text{costo de la energía actual} - \text{costo de la energía con la mejora propuesta} [\text{Gs}] \quad (5)$$

Inversión: es el coste necesario para la implementación de las medidas de ahorro.

Periodo de retorno simple (PRS): da idea del plazo de tiempo necesario para la amortización de la medida de ahorro.

$$\text{PRS} = \frac{\text{Inversión}}{\text{ahorro económico}} [\text{meses}] \quad (6)$$

Propuesta de Mejora: Para esta versión del aplicativo las propuestas de mejoras son solamente para el sistema de iluminación. La misma es calculada utilizando una lista de luminarias de tipo LED con sus precios, potencias y lúmenes; el lumen es la unidad de flujo luminoso e indica la cantidad total de luz emitida por la fuente de luz; el aplicativo utiliza la potencia de la luminaria ingresada por el usuario y lo compara con otros artefactos de tipo LED con el del mismo lumen para realizar la propuesta.

- Diseño.

A continuación, son presentados los prototipos de pantalla del Aplicativo, como se puede ver en la figura 2. En ambas pantallas se observa que el aplicativo ayuda al usuario dónde buscar la información del consumo de su equipo



Figura 2. Pantalla del prototipo – disposición de dependencias y equipos.

Para el caso de la figura 3, se puede observar cómo el sistema organiza las dependencias de un domicilio (pantalla izquierda) y luego cómo dentro de cada habitación son organizados los equipos disponibles (pantalla derecha).



Figura 3. Pantalla del prototipo – ejemplos de cómo encontrar la potencia en los equipos

Ya en la figura 4 se observa la forma en que se realiza la carga de los artefactos, por ejemplo, al seleccionar la opción de luminarias, el Aplicativo despliega una lista donde se puede seleccionar el tipo específico de luminaria a cargar.



Figura 4. Pantalla del prototipo – carga de equipos

En la figura 5 se puede observar la estructura de documentos organizadas de forma jerárquica en el MongoDB, el cual permite mayor flexibilidad para manipular grandes cantidades de datos sin necesidad de tener una estructura pre-definida de columnas y registros.

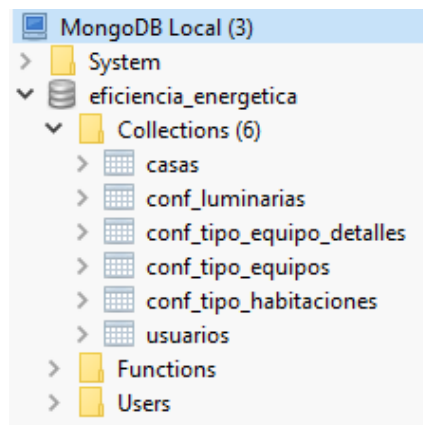


Figura 5. Estructura Mongo DB

- Codificación

Comprende la configuración del ambiente de trabajo: servidores, desarrollo del aplicativo móvil y servicios web, en la Figura 6 se observa la estructura del desarrollo con las tecnologías utilizadas.

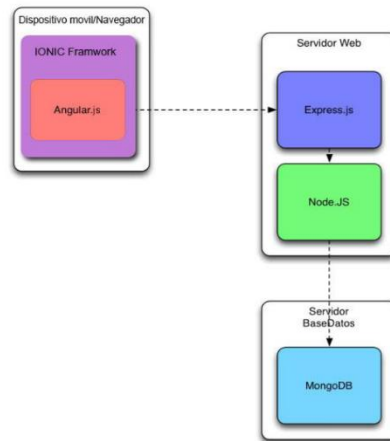


Figura 6. Estructura del desarrollo.

- Pruebas

Las respectivas pruebas de la versión del aplicativo móvil se realizaron con usuarios dentro de una red local en la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este, para detectar posibles fallas, según se ilustra en la figura 7.



Figura 7. Pruebas realizadas en una red local

- Implantación.

La aplicación móvil ha sido disponibilizada en las tiendas Google Play y App Store (figura 8) para el uso de sus respectivas funcionalidades.

- Resultados



Figura 8. Tiendas donde está disponible la aplicación

3 Resultados

El principal resultado consiste en la aplicación móvil multiplataforma desarrollada con las tecnologías y herramientas seleccionadas, que posibilita a todos los interesados en realizar diagnóstico energético de sus residencias. Y como resultado conocer cómo y dónde está utilizando la energía en su residencia, y de esa manera poder utilizarla de forma racional.

A continuación, se pueden visualizar las pantallas principales que abarcan las etapas del diagnóstico energético residencial:

Registro de usuario, en la figura 9 se presentan las pantallas de login y registro, activación del mismo por correo de verificación, con posibilidad de recuperación de contraseña en caso que hubiere olvidado.

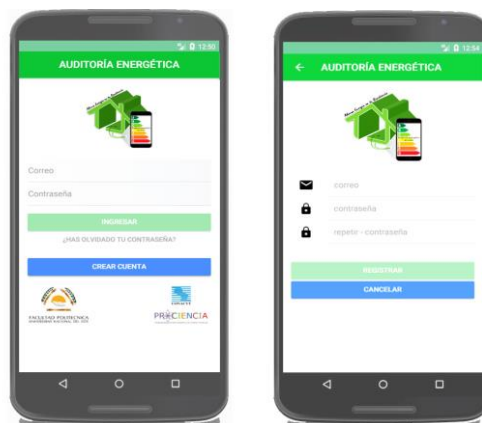


Figura 9. Pantalla de login y registro

Menú principal, como se indica en la figura 10 se tiene un menú desplegable en el que se puede encontrar funcionalidades de la aplicación, destacando el manual de uso que contiene los pasos para que el usuario realice una AE de su residencia.



Figura 10. Pantalla del menú principal.

Datos de facturación, el usuario debe cargar el precio por kWh de cada casa que tenga registrada, este dato sirve para realizar los respectivos cálculos de balances energéticos (Fig. 11).



Figura 11. Pantalla – carga de precio por kWh

Registro de mi casa, el usuario puede registrar la cantidad de casas que desee auditar, con posibilidad de editar nombre de la casa, al registrar una casa por defecto aparecen los recintos estándares (dormitorio, sala, cocina, etc.), con posibilidad de añadir/editar/eliminar recintos por casa, facilitando la actividad del usuario como se indica en la figura 12.

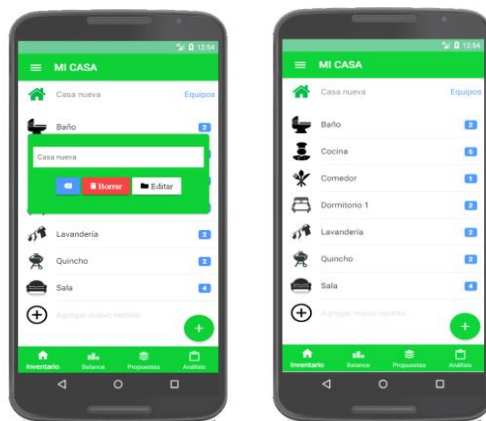


Figura 12. Pantalla – registro de la casa

Registro de equipos, el usuario ya tiene una lista de equipos eléctricos generados por recintos, los mismos pueden ser agregados, editados, y eliminados con sus respectivos datos como se indica en la figura 13.

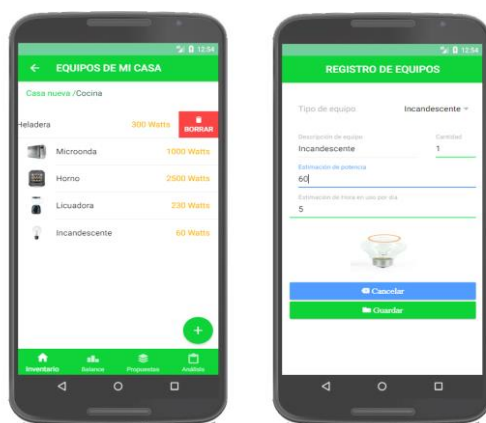


Figura 13. Pantalla carga de equipos

Las pantallas anteriores corresponden a la etapa de carga de datos por parte del propietario. Las etapas siguientes ya son resultados provistos por el aplicativo.

Balance energético, Este balance consiste en la disagregación de consumo total en las distintas instalaciones consumidoras de energía que componen la residencia, en la figura 14 se puede visualizar el consumo y la potencia total: diarios, y mensuales.

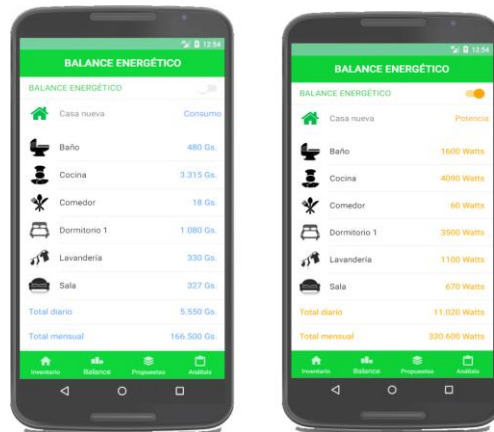


Figura 14. Pantalla balance energético

Propuesta de mejora, el aplicativo es capaz de comparar potencias y en función del resultado, formular propuestas de mejoras del sistema de iluminación.

Las mismas se presentan como opciones que tiene el usuario de equipos más eficientes, como indica la figura 15.

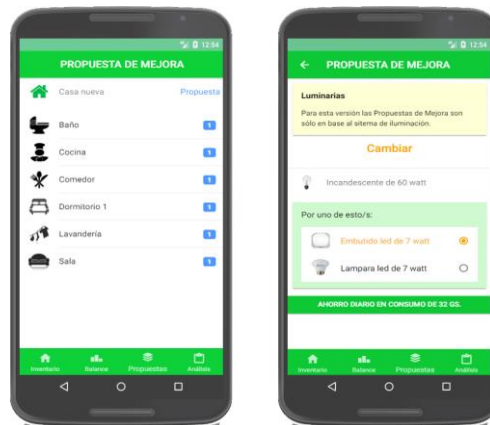


Figura 15. Pantalla propuesta de mejoras

Análisis económico, abarca: a) ahorro energético consistente en el ahorro de energía que se conseguiría con la implementación de la propuesta, se mide en kWh; b) ahorro económico, que es el ahorro en guaraníes correspondiente al ahorro de energía conseguido; c) inversión, que es el coste necesario para la implementación de las

medidas de ahorro propuestas; d) Periodo de Retorno Simple (PRS), que da idea del plazo de tiempo necesario para la amortización (Fig. 16).



Figura 16. Pantalla propuesta de mejoras

4 Conclusión

Teniendo en cuenta la suba de tarifa de energía eléctrica, y el creciente consumo, disponer de una herramienta como la desarrollada es un aporte para toda la población, ya que, el aplicativo móvil multiplataforma posibilita la realización de auditoria energética residencial, herramienta amigable y de fácil manejo con el cual el propietario puede auditar su residencia desde su teléfono celular. Con los datos cargados por el usuario, el aplicativo genera informes en tiempo real, que abarcan el balance energético de la instalación, el análisis económico y las propuestas de mejoras para el sistema de iluminación, de modo a alcanzar la eficiencia del consumo de su residencia; a la vez detalla el ahorro en consumo y el periodo de recuperación de la inversión, en caso de que se apliquen las mejoras propuestas. Actualmente el proyecto, financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y tecnología, está en etapa de difusión, razón por la cual no será posible aún cuantificar el impacto del mismo dentro de la sociedad; esto será realizado en una etapa posterior.

El framework Ionic3 utilizado para el desarrollo ofrece código eficiente con una alta escalabilidad, con el complemento de Angular JS y Apache Cordova, proporcionando una arquitectura de gran robustez para el desarrollo de aplicaciones híbridas. La combinación de un servicio web con Node Js por el lado del servidor genera todas las peticiones necesarias posibilitando una conexión rápida con la base de datos Mongo DB y manejando gran cantidad de datos de forma rápida a la hora de ejecutar las tareas. Esto conforma una aplicación que cumple con los requerimientos trazados al inicio del trabajo.

Referencias

- [1] Redacción, Diario Última Hora, «Paraguay empleará todo su recurso energético hacia el 2030,» Diario Última Hora, Asunción, 2015.
- [2] Energiza Understanding Energy, «Energiza,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.energiza.biz/diagnostico-energetico/>. [Último acceso: 5 marzo 2018].
- [3] R. Gómez Girini, G. René López y J. Félix Fernández, «Metodología para Auditorías Energéticas en Edificios,» de *Seminario Nacional Universidad Tecnológica Nacional*, Mendoza, 2012.
- [4] F. J. Rey Martínez y E. Velasco Gómez, Eficiencia energética en los edificios. Certificación y Auditorías Energéticas, Madrid: Thomson Editores Spain, 2006.
- [5] J. E. Alis Restrepo, Metodología para la Evaluación Energética de Edificios en Colombia Basados en Estándares y Normas Internacionales, Medellín, 2014.
- [6] A. Carretero Peña y J. M. García Sánchez, Gestión de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, indicadores y mejora, Madrid : Printed in Spain, 2012.
- [7] El Corte Inglés Seguros, «<https://seguros.elcorteingles.es/blog/trucos-hogar/3-mejores-apps-de-eficiencia-energetica#>,» 05 03 2016. [En línea]. [Último acceso: 2018].
- [8] F. Heredia Ramírez y M. A. Molina, Propuesta de Diseño de una Aplicación Móvil para gestionar la Información de Consumo de Energía en los Hogares de Bogotá Mediante el Procesamiento de datos de Medidores Inteligentes de Energía Instalados por Codensa SA. ESP., 2017.
- [9] IONIC, «IONIC,» 2018. [En línea]. Available: <https://ionicframework.com/>. [Último acceso: 2018].
- [10] ANGULARJS, «ANGULARJS,» 2018. [En línea]. Available: <https://angularjs.org/>. [Último acceso: 2018].
- [11] NODEJS, «NODEJS,» 2018. [En línea]. Available: <https://nodejs.org/en/>. [Último acceso: 2018].
- [12] MONGODB, «MONGODB,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.mongodb.com/>. [Último acceso: 2018].
- [13] APACHE CORDOVA, «APACHE CORDOVA,» 2018. [En línea]. Available: <https://cordova.apache.org/>. [Último acceso: 2018].
- [14] M. Castañeda Morales, O. Y. García Flores y M. A. Palacios Rodríguez, Diagnóstico Energético Nivel 2 Aplicado a la Industria Manufacturera de Polímero, Mexico, 2016.
- [15] A. Soler Horta, «Virtual Energy Advisor, la aplicación que te reta a ser más eficiente,» *Info Barcelona*, 16 11 2015.